Syllabus de la préparation aux IPhOs France
Année 2014-2015 (basé sur une traduction du syllabus officiel voté en 2014)

Mode d'emploi :
Ce syllabus est construit à partir du syllabus international des IPhOs (dont il est la simple traduction). Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhOs, en mars 2015, sont indiqués :

- en bleu pour les élèves de CPGE
- ce qui est souligné ne fait pas partie (ou au second semestre) des programmes de PCSI (programme de référence).

Introduction.

1.1 But de ce syllabus

Ce programme présente les thématiques qui sont exigibles lors des épreuves des IPhOs. Le niveau attendu pour chaque thème est à trouver dans les questions précédemment posées lors des compétitions précédentes.

1.2 Nature des problèmes

Les problèmes doivent se concentrer sur la créativité et la compréhension de phénomènes physiques, plutôt que de tester une virtuosité en mathématiques ou une célérité pour composer. La proportion des points attribués pour des manipulations mathématiques doit rester faible. Dans le cas de développements mathématiques complexes, des solutions approchées devraient recevoir une partie des points. Les énoncés des problèmes doivent être concis ; chacune des épreuves (théorique et expérimentale) doit contenir moins de 12 000 caractères (les espaces sont inclus, mais les pages de couverture et feuilles de réponses sont exclues).

1.3 Exceptions

Les questions peuvent contenir des concepts et des phénomènes non mentionnés dans ce programme, à condition que suffisamment d'informations soient données dans l'énoncé du problème. Les étudiants sans connaissance préalable de ces sujets ne doivent pas être notablement désavantagés. Ces nouveaux concepts doivent être étroitement liés aux sujets abordés dans le syllabus et donc être inclus dans l'une des thématiques de ce syllabus.

1.4 Unités

Les valeurs numériques doivent être données en utilisant les unités du système international (SI), ou des unités dont l'usage est officiellement accepté avec le SI.
Il est supposé que les participants sont familiers avec les phénomènes, les concepts et les méthodes énumérées ci-dessous et sont capables d'appliquer leurs connaissances de manière créative.

Partie théorique.

1 Général

La capacité à faire des approximations appropriées, en modélisant des problèmes de la vie quotidienne.

2 Mécanique

2.1 Cinématique

Vitesse et accélération d'une particule ponctuelle vues comme les dérivées du vecteur déplacement. Vitesse linéaire ; accélération radiale et tangentielle. Mouvement d'une particule ponctuelle soumise à une accélération constante. Sommation de vitesses et de vitesses angulaires ; sommation d'accélérations sans le terme de Coriolis ; identifier dans quels cas le terme de Coriolis est nul. Déplacement d'un corps solide fixe autour d'un centre instantané de rotation ; vitesse et accélération des points matériels d'un corps solide en rotation.

2.2 Statique

Trouver le centre de masse d'un système par une sommation ou une intégration. Conditions d'équilibre : équilibre des forces (vectoriel ou par projections), équilibre des couples (seulement dans une géométrie à 1D ou à 2D). Réaction du support, force de tension, force de frottement statique et dynamique ; loi de Hooke, contrainte, déformation, module d'Young. Equilibre stable ou instable.

2.3 Dynamique

Seconde loi de Newton (sous forme vectorielle ou projetée) ; Energie cinétique en translation ou en rotation. Energie potentielle pour des champs de force simples (par intégration d'un champ de force). Quantité de mouvement, moment cinétique, énergie et leurs lois de conservation. Notion de travail et de puissance ; dissipation par frottement. Référentiels Galiléens ou non : force d'inertie, force centrifuge, énergie potentielle dans un référentiel en rotation. Moment d'inertie d'objets simples (anneau, disque, sphère, sphère creuse, tige), théorème de Huygens ; calcul d'un moment d'inertie par intégration.

2.4 Mécanique céleste

Loi de la gravité, potentiel gravitationnel, lois de Kepler (connaitre la démonstration pour la première et la troisième loi de Kepler). Energie d'un point matériel sur une orbite elliptique.

2.5 Hydrodynamique

Pression, poussée d'Archimède, équation de continuité (conservation du débit), équation de Bernoulli. Tension de surface et énergie associée, pression capillaire.

3 Champs électromagnétiques

3.1 Concepts de base

Notion de charge et de courant ; conservation de la charge et lois de Kirchhoff pour le courant. Force de Coulomb ; champ électrostatique comme un champ de potentiel ; loi des mailles. Champ magnétique ; force de Lorentz ; force de Laplace ; loi de Biot et Savart, champ magnétique dans le cas d'une boucle circulaire de courant et pour des géométries simples comme un fil rectiligne, une boucle circulaire ou un solénoïde.

3.2 Forme intégrale des équations de Maxwell

Théorème de Gauss (pour les champs E et B) ; Théorème d'Ampère ; Loi de Faraday ; utilisation de ces lois pour le calcul des champs quand la fonction à intégrer est constante par morceaux. Conditions aux limites pour le champ électrique (ou le potentiel électrostatique) à la surface des conducteurs et à l'infini ; concept de conducteurs mis à la masse. Principe de superposition pour les champs électrique et magnétique ; unicité de la solution avec les conditions aux limites ; méthode des charges images.

3.3 Interaction avec la matière des champs électrique et magnétique

Résistance et conductivité ; loi d'Ohm locale. Perméabilité diélectrique et magnétique ; permittivité relative et perméabilité de matériaux électriques et magnétiques ; densité d'énergie électrique et magnétique ; matériaux ferromagnétiques ; hystérésis et dissipation ; courants de Foucault ; loi de Lenz. Densité surfacique de charge liée à la polarisation diélectrique (qualitatif) ; courant de surface liée à l'aimantation (qualitatif) ; conditions de continuité pour des champs à la surface de matériaux diélectriques ou ferromagnétiques. Charges dans un champ magnétique : mouvement hélicoïdal, fréquence cyclotron, mouvement pour un champ E et un champ B croisé. Energie d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique ; moment dipolaire d'une boucle de courant.

3.4 Circuits

Résistance linéaire et loi d'Ohm ; loi de Joule ; travail d'une force électromotrice ; batteries idéales et non idéales, sources de courant constant, ampèremètres, voltmètres et ohmmètres. Caractéristique courant-tension d'éléments non linéaires. Condensateurs et capacité (y compris pour une unique électrode en considérant l'autre à l'infini) ; auto-induction et inductance, énergie de condensateurs et de bobines ; inductance mutuelle ; transformateur avec noyau ferromagnétique fermé ; constantes de temps pour circuit RL et RC. Circuits en courant alternatif : amplitude complexe ; Impédance électrique de résistances, bobines, condensateurs et leurs combinaisons ; diagramme de phase ; résonance en courant et en tension ; puissance active.

4 Oscillations et Ondes

4.1 Oscillateur simple

Oscillateur harmonique : équation du mouvement, fréquence, pulsation angulaire et période. Pendule réel et sa longueur équivalente. Comportement au voisinage d'un équilibre instable. Décroissance exponentielle d'oscillations amorties ; résonance d'oscillateurs sinusoïdaux forcés : amplitude et déphasage d'oscillations en régime permanent. Oscillations libres dans un circuit LC ; analogie électrique/mécanique ; boucle de rétroaction comme source d'instabilité ; génération d'oscillations auto entretenues dans un résonateur LC.

4.2 Oscillateurs couplés

Oscillateurs harmoniques couplés à plusieurs degrés de liberté : équation du mouvement, fréquences propres, modes propres, interprétation physique des fréquences nulles, oscillations libres comme la superposition de modes propres.

4.3 Ondes

Propagation d'ondes harmoniques : expression de la phase comme une fonction linéaire de la position et du temps ; longueur d'onde, vecteur d'onde, vitesse de groupe et de phase ; décroissance exponentielle pour des ondes se propageant dans un milieu dissipatif ; ondes transverses et longitudinales ; effet Doppler classique. Ondes dans un milieu non-homogène : principe de Fermat, lois de Snell-Descartes.

Onde sonore : vitesse en fonction de la pression (module d'Young) et de la densité volumique, cône de Mach. Vitesse de propagation d'une onde sur une corde et ondes de gravité en eau peu profonde. Energie portée par les ondes : proportionnalité avec le carré de l'amplitude, continuité du flux d'énergie.

4.4 Interférence et diffraction

Superposition des ondes : cohérence, battements, ondes stationnaires, principe d'Huygens (forme intégrale de l'amplitude dans la condition des petits angles), interférences dans le cas des films minces (conditions pour des maxima et des minima d'intensité seulement). Diffraction par une ou deux fentes, réseau de diffraction, loi de Bragg.

4.5 Interaction d'ondes électromagnétiques avec la matière

Dépendance de la permittivité électrique avec la fréquence (aspect qualitatif) ; indice de réfraction ; dispersion et dissipation d'ondes électromagnétiques dans des milieux transparents ou opaques. Polarisation linéaire ; angle de Brewster ; polariseurs ; lois de Malus. Polarisation circulaire ou elliptique comme une superposition d'ondes polarisées linéairement. Biréfringence (seulement pour une propagation rectiligne), lame quart d'onde, polariseurs circulaires. Pouvoir rotatif sur la polarisation dans un milieu optiquement actif.

4.6 Optique géométrique et photométrie

Approximation de l'optique géométrique : rayons et images optiques ; cône d'ombre et de pénombre. Approximations des lentilles minces ; construction d'images créées par des lentilles minces idéales ; formules de conjugaison. Flux lumineux et sa continuité ; éclairement ; intensité lumineuse.

4.7 Appareils optiques

Télescope et Microscopes : grossissement et pouvoir de résolution ; réseau de diffraction et son pouvoir de résolution ; interféromètres.

5 Relativité

Principe de relativité et transformations de Lorentz pour les coordonnées spatiales et temporelles et pour l'énergie et l'impulsion ; équivalence masse-énergie ; invariance d'un intervalle dans l'espace-temps et de la masse au repos. Addition de vitesses parallèles, dilatation du temps, contraction des longueurs ; relativité de simultanéité ; énergie et impulsion de photons et effet Doppler relativiste ; équation relativiste du mouvement ; conservation de l'énergie et de l'impulsion pour des interactions élastiques et non élastiques de particules.

6 Physique quantique

6.1 Densité de probabilité

Particules comme des ondes : relation entre fréquence et énergie et entre quantité de mouvement et vecteur d'onde ; fonction d'onde probabiliste ; niveau d'énergie pour des atomes semblables à l'hydrogène (orbites circulaires uniquement) et potentiels paraboliques ; quantification du moment cinétique. Principe d'incertitude pour l'énergie et le temps, et pour l'espace et la quantité de mouvement (comme un théorème et comme un outil d'estimation).

6.2 Structure de la matière

Spectre d'émission et d'absorption pour des atomes semblables à l'hydrogène et pour des molécules en raison des oscillations moléculaires ; largeur du spectre et temps de vie des états excités. Principe

d'exclusion de Pauli pour des fermions (connaissance de la charge et du spin) : électrons, neutrinos, protons, neutrons, photons ; effet Compton. Protons et neutrons comme particules composites. Noyau atomique, niveaux d'énergie du noyau (qualitativement) ; émissions alpha, beta ou gamma ; fission, fusion et capture de neutron ; défaut de masse ; temps de demi-vie et décroissance exponentielle. Structures cristallines : plan d'un cristal (loi de Bragg), niveaux d'énergie électronique (qualitativement, métaux comparés aux matériaux diélectriques et semi-conducteurs) ; effet photoélectrique.

7 Thermodynamique et physique statistique

7.1 Thermodynamique classique

Concepts d'équilibre thermique et de transformations réversibles ; énergie interne, travail et chaleur ; échelle de température de Kelvin ; entropie, systèmes ouverts, fermés, isolés ; première et seconde loi de la thermodynamique. Théorie cinétique des gaz parfaits : nombre d'Avogadro, facteur de Boltzmann et constante des gaz parfaits ; mouvement de translation des molécules et pression ; loi des gaz parfaits ; degrés de liberté de translation, rotation et oscillation ; théorème d'équipartition ; énergie interne de gaz parfaits ; vitesse quadratique des molécules ; Transformations isothermes, isobares, isochores et adiabatiques ; chaleur spécifique aux transformations isobares et isochores ; cycle de Carnot en sens direct et indirect pour un gaz parfait et rendement ; rendement pour des machines thermiques réelles.

7.2 Transfert de chaleur et transition de phase

Transition de phase (évaporation, ébullition, fusion et sublimation) et chaleur latente ; pression de vapeur saturante, humidité relative ; ébullition ; loi de Dalton ; notion de conductivité de la chaleur, continuité du flux de chaleur.

7.3 Physique statistique

Loi de Planck (explication qualitative, pas besoin de connaitre la formule), loi de Wien ; loi de Stefan-Boltzmann

Partie expérimentale.

1 Introduction

Les connaissances théoriques requises pour l'épreuve expérimentale sont décrites dans le paragraphe « Partie théorique » de ce syllabus.
Les problèmes expérimentaux doivent toujours contenir quelques tâches pour lesquelles la procédure expérimentale (montage expérimental, liste des mesures directes et formules à utiliser pour les calculs) n'est pas décrite en détail.
Les problèmes expérimentaux peuvent contenir implicitement des tâches théoriques (utilisation des formules nécessaires pour mener les calculs) ; il ne doit pas y avoir de tâche théorique explicite, sauf si celles-ci testent la compréhension des principes de fonctionnement du dispositif expérimental donné ou de la physique des phénomènes étudiés. Il ne doit également pas y avoir de longs développements mathématiques.
Le nombre attendu de mesures directes et le volume des calculs numériques doit être tel que la majeure partie du temps alloué teste la créativité expérimentale, plutôt que la rapidité avec laquelle les étudiants peuvent effectuer des tâches techniques.
Les étudiants doivent acquérir les compétences suivantes.

2 Sécurité

Connaître les règles de sécurité standard de travail en laboratoire. Néanmoins, si le dispositif expérimental comporte des risques de sécurité, des mises en garde appropriées doivent être incluses dans l'énoncé. Les expériences avec des risques majeurs de sécurité seront proscrites.

3 Techniques de mesure expérimentales

Être familier avec les techniques expérimentales les plus courantes de mesures de grandeurs physiques mentionnées dans la partie théorique.
Connaitre les instruments de laboratoire simples couramment utilisés, leurs versions numériques et analogiques le cas échéant, tels que les pieds à coulisse, verniers, chronomètres, thermomètres, multimètres (y compris ohmmètres, voltmètres AC / DC et ampèremètres), potentiomètres, diodes, lentilles, prismes, bancs optiques optiques, calorimètres…
L'utilisation de matériel expérimental sophistiqué, susceptible de ne pas être familier des étudiants ne devrait pas être le cœur du problème. Dans le cas d'équipements modérément sophistiqués (tels que des oscilloscopes, compteurs, générateurs de fonction et de signaux, photorécepteurs…), les instructions doivent être données aux étudiants.

4 Précision

Être conscient que les instruments peuvent affecter le résultat des expériences.
Être familier avec les techniques classiques pour augmenter la précision expérimentale (par exemple la mesure de nombreuses périodes au lieu d'une seule, réduction de l'influence du bruit…).
Être conscient que si la dépendance en fonction de paramètres d'une grandeur physique doit être déterminée, le nombre de points mesurés doit correspondre à l'échelle caractéristique locale de la dépendance de cette grandeur en fonction du paramètre.
Exprimer les résultats finaux et les incertitudes expérimentales avec un nombre raisonnable de chiffres significatifs et arrondir correctement.

5 Analyse des incertitudes expérimentales

Identification des sources d'erreurs dominantes et estimation raisonnable des incertitudes expérimentales de mesures directes (en utilisant les règles de la notice fournie, le cas échéant).
Distinguer les erreurs aléatoires et systématiques; être en mesure d'estimer et de réduire ces dernières via des mesures répétées.
Trouver des incertitudes absolues et relatives d'une quantité déterminée expérimentalement à l'aide de toute méthode raisonnable (comme l'approximation linéaire, l'addition des modules ou la somme quadratique).

6 Analyse de données

Transformer une dépendance quelconque en une dépendance linéaire en choisissant des variables adaptées, ajuster les données expérimentales par une droite. Trouver les paramètres d'une régression linéaire (pente, ordonnée à l'origine et estimation des incertitudes) soit graphiquement, soit en utilisant les statistiques de la calculatrice (toute autre méthode est également acceptable).
Choisir l'échelle de représentation adaptée pour le graphique et tracer les données avec des barres d'erreur.

Mathématiques.

1 Algèbre

Simplifier les formules en les factorisant ou en les développant. Résoudre des systèmes d'équations linéaires. Résoudre des équations et systèmes d'équations menant à des équations du second degré ;

choir les solutions physiquement acceptables. Sommer les termes d'une série arithmétique ou géométrique.

2 Fonctions

Propriétés élémentaires de fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, exponentielles, logarithmiques et polynomiales. Les fonctions trigonométriques avec des sommes d'angle sont à connaître. Résoudre des équations simples impliquant des fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, des fonctions exponentielles et logarithmes.

3 Géométrie

Degrés et en radians pour mesurer les angles. L'égalité des angles alternes/internes et des angles correspondants. Reconnaissance des triangles semblables. Calcul d'aires de triangles, trapèzes, cercles, ellipses, sphères, cylindres, cônes ; volumes de sphères, cônes, cylindres et prismes. Règles de trigonométrie (sinus et cosinus), propriété des angles inscrits et au centre, théorème de Thales.

4 Vecteurs

Propriétés élémentaires des sommes vectorielles, produit scalaire et vectoriel. Produit scalaire double et produit scalaire triple. Interprétation géométrique de la dérivée temporelle d'un vecteur.

5 Nombres complexes

Somme, multiplication et division de nombres complexes ; séparation de la partie imaginaire et réelle. Maîtrise des représentations algébriques, trigonométriques et exponentielles d'un nombre complexe. Racine d'une équation du second degré complexe et interprétation physique.

6 Statistiques

Calcul de probabilités comme le quotient du nombre d'évènements réalisés sur le nombre d'évènements possibles. Calcul de la valeur moyenne, écart type et estimateur de l'écart type.

7 Calculs

Trouver les dérivées de fonctions élémentaires, leurs sommes, produits, quotients et utiliser les fonctions composées. Intégration comme l'inverse de la dérivation. Intégrer dans des cas simples avec ou sans borne d'intégration : fonctions élémentaires, sommes de fonctions, utiliser les règles de changement de variable pour des dépendances linéaires. Rendre les bornes de l'intégrale sans dimension par changement de variable. Interprétation géométrique de la dérivée et de l'intégrale. Résoudre des équations différentielles linéaires simples par une méthode de séparation des variables. Résoudre des équations différentielles du premier ordre et du second ordre à coefficient constant. Trouver des constantes d'intégration en utilisant les conditions initiales. Concept du vecteur gradient (le formalisme des dérivées partielles n'est pas requis).

8 Approximation et méthodes numériques

Utiliser les approximations linéaires et polynomiales basées sur des développements en série de Taylor. Linéariser des équations et des expressions mathématiques. Méthode de perturbation : calculer les corrections faites sur des solutions sans perturbation. Trouver des approximations numériques de solutions pour des équations en utilisant des méthodes telles que celle de Newton ou la dichotomie. Intégration numérique par une méthode trapézoïdale et de sommation de rectangles.